

Miika Sorvisto

Medical-tuotteiden ajonaikainen optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

5.6.2013

Tekijä(t) Otsikko	Miika Sorvisto Medical-tuotteiden ajonaikainen optimointi
Sivumäärä Aika	41 sivua + 9 liitettä 5.6.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessisuunnittelu
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Ismo Savallampi Koulutusvastaava Esa Toukoniitty
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli henkilöstöä haastattelella ja prosessidataa analysoimalla optimoida LDPE:n tuotantoprosessin medical-tuotannon laadunvaihdon, tuotantonopeuden, tuotantotehokkuuden ja tuotelaadun suhteen. Medical-tuotannon ongelmana on ollut eri lämmönvaihtimien ja putkistojen ”foulaantuminen”, alhaisempi tuotantonopeus sekä haasteet ekstruuderilla ja laadunvaihdossa.</p> <p>Kiertokaasun optimoinnissa nostettiin jäähdyttimien lämpötiloja, jonka seurauksena <i>derime</i>-tarve kyseisille jäähdyttimille laski. Tuotejäähdyttimen optimoinnissa nostettiin medical-tuotteiden poistuvan kaasun lämpötilaa, joka auttoi sulan polyeteenin virtauksiin korkeapaine-erottimessa (HPS), matalapaine-erottimessa (LPS) ja ekstruuderissa.</p> <p>Sekundaarikompressorin voiteluaineen muutos on näkynyt vähentyneenä ”foulaatumisena” kompressorin väli- ja jälkijäähdyttimillä. Sulan lämpötilan noston yhteydessä opittiin Tuotteen 1 puhdistavat vaikutukset tuotejäähdyttimellä, korkeapaine-erottimessa ja matalapaine-erottimessa. Flashkaasun virtauksen pienentämisellä ja sulan lämpötilan nostolla saatiin parannettua LPS:n kaasunerottumista, mikä on näkynyt ekstruuderin vetovaikeuksien poistumisella.</p> <p>Optimoinnissa saatiin nostetuksi medical-tuotteiden tuotantonopeutta, parannetuksi laadunvaihtoa sekä helpotetuksi vetovaikeuksia. Ajoparametrimuutokset eivät vaikuttaneet tuotteiden ominaisuuksiin tai laatuihin.</p>	
Avainsanat	medical-tuotanto, optimointi, laatu, LDPE, ajoparametri

Author(s) Title	Miika Sorvisto Process optimization for medical grades
Number of Pages Date	41 pages + 9 appendices 5 June 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process Desing
Instructors	Ismo Savallampi, Production Manager Esa Toukoniitty, Head of the Degree Programme
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to optimize the LDPE production process, from the view of the production quality of medical-product, production rate, production efficiency and product quality by discussions with operations personnel and analyzing the process data. Problems in medical-production have been fouling of the various heat exchangers and piping and the production speed. Also extrusion problems, and changing the product has given great challenges.</p> <p>In the optimizing of the gas circulation the temperature of the circulation was raised which resulted in lower frequency of deriming. The exiting gas temperature was raised in the optimization of the product cooler which helped in flowing of the molted polyethylene in product cooler, high pressure separator (HPS), low pressure separator (LPS) and in the extruder.</p> <p>The replacement of the lubricant in secondary compressor has decreased fouling in secondary compressors condensers. The product 1 purifying effects in the product cooler, HPS and LPS were learned by increasing the melt temperature. By decreasing the flow of the flash gas and raising the temperature of the melt have increased the reduction of the ethylene gas, which has been reflected in extrusion problems.</p> <p>The optimization improved medical-products production rate, improved the quality of exchangers and extrusion problems. Change in operation parameters didn't affect the properties of the products or grades.</p>	
Keywords	medical, compressor, grade, optimization, LDPE,

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Borealis Polymers Oy	2
3	LDPE-tuotantolaitos	3
4	Matalatiheysinen polyeteeni	4
5	C-yksikön prosessikuvaus	5
6	Medical-tuotanto	8
6.1	Ongelmat	8
6.2	Historia	8
6.3	Laadut	9
7	Optimointi	10
7.1	Primaarikompressori	10
7.1.1	Johdanto	10
7.1.2	Muutokset	10
7.2	Sekundaarikompressori	11
7.2.1	Johdanto	11
7.2.2	Muutokset	11
7.3	Reaktori	14
7.3.1	Johdanto	14
7.3.2	Muutokset	15
7.4	Tuotejäähdytin	15
7.4.1	Johdanto	15
7.4.2	Muutokset	16
7.5	HPS, V-203C ja LPS, V-204C	18
7.5.1	Johdanto	18
7.5.2	Muutokset	18
7.6	Kiertokaasu	19
7.6.1	Johdanto	19
7.6.2	Muutokset	20
7.7	Flashkaasut	22
7.7.1	Johdanto	22
7.7.2	Muutokset	23

7.8	Ekstruuder, L-229C	23
7.8.1	Johdanto	23
7.8.2	Muutokset	23
7.9	Laadunvaihto päällystystuotannosta medical-tuotantoon	24
7.9.1	Flashkaasujäähdyttimen <i>derimen</i> tarve	24
7.9.2	<i>Modifierin</i> käyttö	24
7.9.3	Laadunvaihto tuotelaadulta Tuote 1 tuotelaadulle Tuote 2	24
7.10	Medical-tuotannosta päällystystuotantoon	25
8	Toukokuun medical-kampanja	26
8.1	Johdanto	26
8.2	Laadunvaihto	26
8.3	Tuote 1-tuotanto	28
8.4	Laadun vaihto	29
9	Pisaranerottimet	31
9.1	V-207C	31
9.2	V-208C	32
9.3	V-209C	32
9.4	V-637C	33
9.5	Parannusehdotus	34
10	Yhteenveto	35
10.1	Medical-tuotteiden ajo	35
10.2	Laadunvaihto medical-tuotteelle	36
10.3	Laadunvaihto päällystys tuotteelle	37
10.4	Suosituks	37
11	Lähdeluettelo	39

Lyhenteitä ja käsitteitä

Derime Jäähdyttimissä tehtävä kaasun lämpötilan nosto, jotta "foulaantunut" vaha saataisiin irtamaan ja näin parannettua jäähdytystehoa. Poikkeuksena kiertokaasun kylmänpuolen, E-217-1/3, *derime*, jossa käytetään puhallusta vahan johtamiseksi vahanerotussäiliöön.

Ajoparametritaulukko

IPS:stä tehty ajoparametritaulukko, jonka mukaan tuotteita ajetaan.

"Foulaantuminen"

Vahan tarttuminen putkiston seinämille. Heikentää varsinkin jäähdyttimien ja lämmönvaihtimien lämmönsiirtotehoa.

Modifier Propaani tai propeenit, käytetään tuotteen sulaindeksin säätöön. Medical-tuotteilla Tuote 1 ja Tuote 2 *modifierinä* toimii propaani.

Vaha Pienimolekyylistä polyeteeniä. Aiheuttaa "foulaantumista" prosessiyksikön putkistossa.

Manifold Syöttökaasun jakotukki.

Decomp Reaktorin paineen noususta johtuva reaktorin varoventtiilien avautuminen. Reaktorin paineen nousu johtuu reaktorin pohjan tukkeutumisesta.

Tuotantoerä

Tuotantoerä on 70 tonnia muovipellettiä.

Geeli Ristisilloittunut tai eri sulaindeksin omaava polyteenivirhe tuotteessa.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli optimoida LDPE-tuotantolaitoksen tuotantoprosessi medical-tuotannon laadunvaihdon, tuotantonopeuden, tuotantotehokkuuden ja tuotelaadun suhteen. Tuotannon optimointia oli jo tehty tuotantolaitoksella erilaisia ajoparametreja käyttäen sekä pieniä prosessin muutoshankkeita toteuttaen. Työssä selvitettiin parhaimpia ajoparametreja keskustelemalla LDPE:n henkilöstön kanssa ja analysoimalla prosessidataa. Työn tavoitteiden saavuttamiseksi vaadittiin polyeteenin prosessiyksikköön laaja-alaista perehtymistä. [1.]

Työn tilaajan odotukset työn suhteen oli saada selkeä kokonaiskuva medical-tuotannosta, yhtenäistää vuorojen ajotapoja ja selventää tuotteen käyttäytymistä prosessissa muihin laatuihin verrattuna.

2 Borealis Polymers Oy

Borealis Polymers Oy kuuluu kansainväliseen Borealis-konserniin. Borealis Porvoo on konsernin pohjoisin tuotantolaitos, joka sijaitsee Pohjoismaiden suurimmassa teollisuus-keskittymässä Porvoon Kilpilahdessa, Neste Oilin öljynjalostamon välittömässä läheisyydessä. Borealiksen Suomen tuotantolaitoksilla tuotetaan petrokemian tuotteita sekä polyolefiineja lähinnä Pohjoismaiden, Venäjän ja Itä-Euroopan markkinoille. [2; 3.]

Porvoon Borealis koostuu viidestä tuotantolaitoksesta, joihin kuuluvat krakkeri, fenoli- ja aromaattilaitos, kaksi polyeteenilaitosta ja polypropeenilaitos. Krakkeri tuottaa eteeniä ja propeenii polyolefiineille. Fenoli- ja aromaattilaitos tuottaa fenolia, asetonia, bentseeniä ja kumeenia eri kemianteollisuuden tarpeisiin. Porvoo on konsernin ainoa paikka, jossa tuotetaan näitä tuotteita. Taulukossa 1 on esitetty Borealis Porvoon vuosittaisia tuotantomääriä. [2; 3.]

Taulukko 1. Porvoon tuotantolaitosten vuosituotanto. [2.]

Tuote	kt/a
Eteeni	390
Propeenii	240
Fenoli	185
Polyeteeni	390
Polypropeenii	220

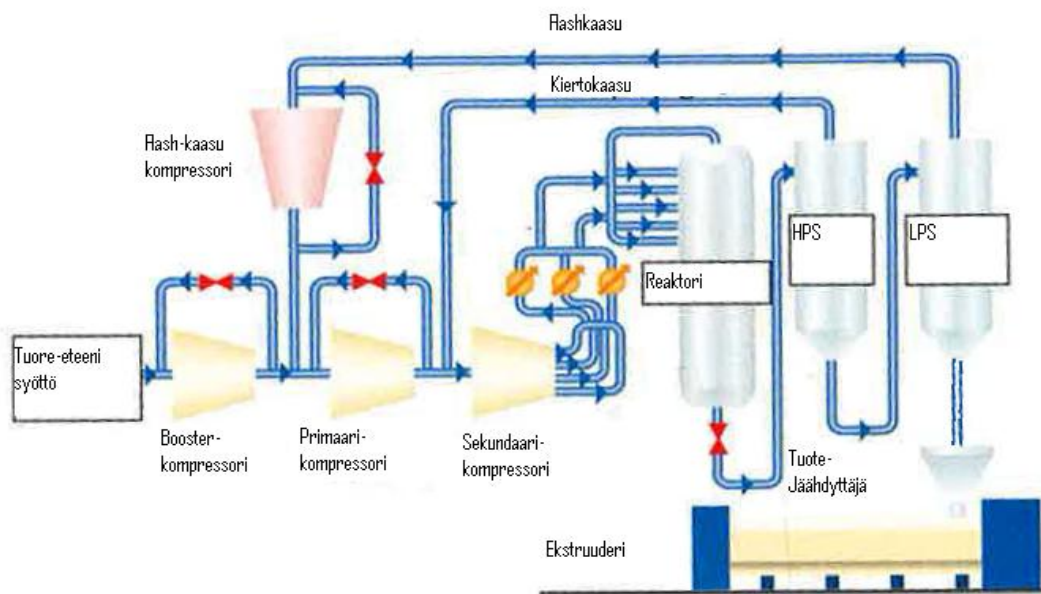
Porvoon tuotantolaitos on perustettu 1971, jolloin valmistui Porvoon krakkeri. Krakkeri saa raaka-aineensa Neste Oilin jalostamolta. Porvoon Borealis työllistää noin 900 henkilöä, jotka työskentelevät tuotantolaitosten lisäksi hallinnon, innovaatiokeskuksen sekä kahden koetehtaan välillä. [2; 3.]

3 LDPE-tuotantolaitos

LDPE-tuotantolaitokset on rakennettu 1970-luvulla. Tuotantolaitokset on suunnitellut hollantilainen yritys nimeltään Lummus. Kaksi ensimmäistä korkeapaineyksikköä, A- ja B-yksiköt, käynnistyivät vuonna 1972. Kolmas korkeapaineyksikkö, C-yksikkö, käynnistyi vuonna 1976. Näistä kolmesta korkeapaineyksiköstä on vielä kaksi yksikköä, B- ja C-yksiköt, käytössä. A-yksikön tuotanto lopetettiin vuonna 1997 ja yksikkö purettiin vuonna 1998. Nykyisistä yksiköistä C-yksikkö on erikoistunut päällystysmuoveihin ja medical-tuotteisiin. B-yksiköllä valmistetaan kalvotuotteita. LDPE:n nykyinen nimelliskapasiteetti on 150 000 t/a. [3.]

5 C-yksikön prosessikuvaus

C-yksikkö on korkeapaineprosessiyksikkö, jossa eteenistä valmistetaan matalatiheyksistä polyeteeniä (LDPE). Eteenilaitokselta yksikölle tuleva tuore-eteenisyöttö ohjataan booster-kompressorille, jossa eteenikaasu komprimoidaan 40 baariin asti. Booster-kompressorilta kaasuvirta johdetaan primaarikompressorille. Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaistettu prosessikaavio C-yksiköstä. [7.]



Kuva 2. LDPE:n C-yksikön yksinkertaistettu prosessikuvaus [6.]

Primaarikompressor toimii kahdessa vaiheessa, joissa ensimmäisessä vaiheessa on käytössä kaksi sylinteriä ja toisessa vaiheessa yksi sylinteri. Ensimmäisessä vaiheessa 40 bar eteenikaasu komprimoidaan noin 100 bar:iin asti. Toisessa vaiheessa eteenikaasu komprimoidaan 200–245-baariseksi. Komprimointien jälkeen seuraa eteenikaasun jäähdytys sekä kondensaattien erotus. Tämän jälkeen kaasuvirta johdetaan sekundaarikompressorin imuun, mihin liittyy myös kiertokaasusta tuleva eteenikaasu. Ennen sekundaarikompressoria eteenikaasuvirtaan johdetaan vielä *modifier*. [7.]

Sekundaarikompressor toimii myös kaksivaiheisesti. Ensimmäinen vaihe nostaa paineen 200 – 250 bar:sta noin 1050 bar:iin. Toisessa vaiheessa eteenikaasun paine

nostetaan noin 2000 bar:iin, medical-tuotteella 2100 bar:iin. Komprimointien välissä on jäähdytys. Sekundaarinkompressorin jälkijäähdyttimen jälkeen kaasuvirta johdetaan reaktorin *manifoldiin*. [7.]

Eteenikaasu syötetään reaktoriin 20 – 70 °C:na, tuotelaadusta riippuen. Reaktorina toimii autoklaavireaktori, jonka sisällä on sekoittaja. Korkeapainereaktorin mitat on noin 8 metriä pituussuunnassa, noin 0,45 metriä sisähalkaisijalta ja noin 1,5 metriä ulkohalkaisijalta lämmöneristeinen. [7.]

Eteenikaasun syöttö reaktoriin tapahtuu viidelle eri tasolle (tasolle 9, 7, 5, 4, 3) ja reaktorin huipulle. Syöttöön lisätään orgaanista peroksidia, initiaattoria, joka reaktoriolosuhteissa hajoitessaan muodostaa vapaita radikaaleja ja näin aloittaa polymeroitumisreaktion. Reaktorissa eteenikaasu reagoi peroksidin kanssa sopivassa lämpötilassa ja paineessa muodostaen polyeteeniketjuja. Reaktorin olosuhteissa polyeteeni liukenee eteenikaasuun muodostaen nesteen. [7.]

Reaktorin jälkeen on paineenalennusventtiili, jossa paine pudotetaan 240 – 280 baariin asti. Paineenalennuksen yhteydessä polymeeri saostuu muodostaen sulan massan. Reaktoriseosta jäähdytetään tuotejäähdyttimessä, joka laskee seoksen lämpötilaa 240 – 280 °C:seen tuotelaadusta riippuen. Tuotejäähdyttimestä tuote johdetaan korkeapaine-erottimeen (HPS), missä suurin osa kaasusta erotetaan polyeteenistä ja johdetaan kiertokaasuihin. [7.]

Kiertokaasussa eteenikaasu jäähdytetään kolmessa osiossa. Kiertokaasussa on pienimolekyylisten polymeerien erotus eli vahanerotus. Lämmönvaihtimien ja vahanerotusten jälkeen kaasu johdetaan takaisin sekundaarikompressorin imuun. [7.]

Sula polyeteeni johdetaan korkeapaine-erottimesta matalapaine-erottimeen (LPS), missä loput eteenikaasusta erotetaan ja johdetaan flashkaasukiertoon. Eteenikaasu jäähdytetään ja komprimoidaan flashkaasukompressorilla 40 bar:iin, syötön ollessa alle 1 bar. Komprimointi tapahtuu kolmessa vaiheessa ja komprimointien välissä on jäähdytys sekä pisaraerotus. Tämän jälkeen kaasusta osa palautetaan takaisin eteenilaitokselle ja loput primaarikompressorin imusäiliöön. [7.]

Matalapaine-erotin toimii ekstruuderin syöttösäiliönä. Ekstruuderissa polyeteeni puristuu kiertoruuuissa leikkuupäähän mennessä. Leikkuupää on vesitilassa, vettä kutsutaan pellettivedeksi. Leikattu polyeteenimuovi, nimeltään granulaatti tai muovipelletti, johdetaan pellettiveden avulla kuivausrumpuun ja syöttölokeron avulla eteenpäin siirtolinjaa pitkin täyttösiiloihin. [7.]

6 Medical-tuotanto

6.1 Ongelmat

Medical-tuotannon ongelmana on ollut eri lämmönvaihtimien ja putkistojen "foulaantuminen" reaktorissa muodostuneen vahan takia. Myös tuotantonopeus on ollut huomattavasti pienempi kuin päällystystuotteilla. Tuote 1 -laadulla on päästy tuotantonopeuteen 7,5 – 7,7 t/h ja Tuote 2 -laadulla vastaavasti päästy nopeuteen 6,3 – 6,6 t/h. Vertailukohdaksi valittiin päällystystuotelaatu Tuote A, joka on tuotantomäärältään suurin tuote LDPE:n C-yksiköllä. Tämän laadun tuotantonopeus on noin 8,7 t/h.

Medical-tuotannossa on myös ollut ekstruuderin vetovaikeuksia, jolloin pahimmissa tapauksissa on jouduttu ajamaan tuotanto alas. Vetovaikeuksista johtuu myös matalapaine-erottimen liian suuri pinta, mikä laskeutessaan johtaa edellisen tuotteen kontaminaation ja täten lopputuotteen geelitasen nousuun. [8; 9; 10; 11.]

Medical-tuotannossa on esiintynyt myös paljon kiertokaasun lämmönvaihtimien "foulaantumista", minkä johdosta on jouduttu tekemään suuria määriä kiertokaasun *derimeitä*. Tämä aiheuttaa paineen nousua vahanerottimessa (V-217C), minkä seurauksena säiliön kautta on mahdollista päästä vaha flashkaasu-systeemiin edesauttaen E-200C:n "foulaantumista". Laadunvaihdossa tuotteisiin Tuote 1 ja Tuote 2 on jouduttu tekemään tuotejäähdyttimen E-208C:n sekä flashkaasua edeltävän E-200C:n *derimet*. Samoin näistä tuotteista poistuttaessa. *Derimet* heiluttavat prosessiyksikön kaasuvirtauksia ja aiheuttavat poikkeamia kaasuvirtauksien määrissä ja näin myös paineen vaihteluja. [8; 9; 10; 11.]

6.2 Historia

Medical-tuotanto aloitettiin LDPE:llä vuonna 2008. Ensimmäinen koeajo toteutettiin tammikuun lopulla vuonna 2008, mutta sitä ei saatu ajettua mekaanisten ongelmien ja *decompin* vuoksi. Toinen yritys oli maaliskuussa 2008 jolloin saatiin tuotettua kaksi erää laatua Tuote 1. Toukokuussa toteutettiin ensimmäinen kaupallinen kampanja laadulla Tuote 1, jota tuotettiin 13 erää. [12.]

Onnistumisen myötä Tuote 1 jäi pysyvästi tuotantoon. Tuote 1:n jälkeen ajettiin koe-erä Tuote 2:ta. Ensimmäiset IPS:n mukaiset erät Tuote 2:ta onnistuttiin ajamaan vuoden 2009 aikana. Nykyään medical-kampanja ajetaan C-yksiköllä noin kerran kuukaudessa. Kampanja sisältää yleensä 10 erää laatua Tuote 1:ta sekä 5 erää laatua Tuote 2:ta. Toisinaan on myös Tuote 2:n tilalla ollut tuotelaatu Tuote 3. Vuonna 2009 medical-tuotelaadut jäivät kaikki kaupalliseen tuotantoon. [12.]

6.3 Laadut

Medical-tuotteita on LDPE:n C-yksiköllä 3 kappaletta, Tuote 1, Tuote 2 ja Tuote3. Viimeiseen ei tässä työssä paneuduta, koska Tuote 3-tuotanto on määrältään pieni ja harvinainen. Kyseistä laatua on ajettu edellisen kerran vuonna 2011.

Medical-tuotanto eroaa päällystystuotannosta matalien reaktorilämpöjen ja korkeamman reaktorin paineen takia. Medical-tuotteilla on matala sulaindeksi verrattuna päällystystuotteisiin. Medical-tuotteiden tiheys on myös suurempi kuin päällystystuotteissa, erityisesti Tuote 2-tuotannossa on vaikeaa saavuttaa vaadittua tiheyttä. [13; 14]

7 Optimointi

7.1 Primaarikompressor

7.1.1 Johdanto

Primaarikompressorilla ei ole ongelmia havaittu medical-tuotannon alettua 2008. Primaarin imusäiliöön tulevat virrat ovat olleet tuore-eteenin osalta 8 - 10 t/h laadulla Tuote 1 ja 6 - 8 t/h laadulla Tuote 2. Flashkaasun virtaus on ollut imusäiliöön tuotelaadulla Tuote 1 noin 3,3 t/h ja tuotelaadulla Tuote 2 noin 2,6 t/h. Primaarikompressorin imusäiliön lämpötila on ollut 30 °C ja imupaine 40 bar. Flashkaasusta tulevan kaasun lämpötila ennen imusäiliötä on ollut 32 °C ja tulevan tuore-eteenin lämpötila on ollut 25 °C. Ensimmäisen vaiheen poistopaine on pidetty 100 bar:na ja välijäähdyttäjällä, E-202C, poistopuolen kaasu on jäähdytetty 38-asteiseksi. Toisen vaiheen imulämpötila on pidetty 34-asteisena. Poisto paine toisesta vaiheesta on pidetty 230 baarina. E-203C:n jälkeinen lämpötila on pidetty 33-asteisena, sekundaarikompressorin imulämpötilan asetuksen ollessa 36 °C. [16; 17; 18.]

7.1.2 Muutokset

Primaarikompressorin imulämpötila ja paine on pidetty samana. Toisen vaiheen imulämpötila on laskettu 25 °C:ksi, mikä johtuu toisen vaiheen poistolämpötilan muutoksesta. Toisen vaiheen poistopainetta on vähennetty 215 bar:iin jotta sekundaarikompressorin paine-eroja saatiin tasoitettua ja korkeapaine-erottimen vastapainetta pienennettyä. Vastapaine muodostuu kiertokaasusta tulevan kaasun yhdistyessä primaarikompressorin poistokaasun kanssa sekundaarikompressorin imuun. Vastapaineen pienennettyä on kaasun virtaaminen tasaisempaa, mihin vaikuttaa myös kiertokaasun puhtaus. E-203C:n jälkeinen kaasun lämpötila on laskettu 20 °C:seen.

7.2 Sekundaarikompressorin

7.2.1 Johdanto

Sekundaarikompressorin imulämpötila on pidetty 36 °C:ssa. Ensimmäisen vaiheen poistopainetta on pidetty noin 1000 baarissa, ensimmäisen vaiheen paine-eron ollessa noin 770 baaria.

Sekundaarikompressorin suurimmat ongelmat ovat liittyneet muodostuneeseen vahaan. Medical-tuotannon vaha on ollut erilaista kuin päälystystuotteiden vaha. Sekundaarikompressorin sylintereiden vahaongelmat ovat aiheutuneet vahan kerääntymisestä sylintereiden tiivisteisiin. Sylintereiden tiivisteiden kuului olla osittain kelluvatyyppisiä, ja medical-tuotannon alettua vaha on kertynyt sylintereiden tiivisteisiin niin, ettei tiiviste ole päässyt kellumaan. Tämä on johtanut sylintereiden tiivisteiden kulumiseen toispuoleisesti ja johtanut vuotokaasujen lisääntymiseen. Tämä voidaan todeta johtuneen medical-tuotannosta, koska aikaisemmin ei vastaavia ongelmia ole ollut. [8; 9; 10; 11; 19.]

Joidenkin sylintereiden rikkoutumisien on voitu todeta johtuneen riittämättömästä voitelusta. Sylintereiden voiteluaine on sisältänyt polyisobuteenia, joka on tartunta-aine ja voi johtaa isompina määrinä ongelmiin sekundaarikompressorin väli- ja jälkijäähdyttimiin tuotannon starttivaiheessa. [8; 9; 10; 11; 14.]

7.2.2 Muutokset

Sekundaarikompressorin imulinja on kiertävän kaasun kylmin kohta. Voidaan olettaa, että "foulaantuminen" tapahtuisi todennäköisimmin juuri sekundaarikompressorin imulinjassa. Sekundaarikompressorin imulämpötilassa ei ole tapahtunut muutosta, mutta ennen sekundaarikompressorin imulämpötilaa säädettiin kiertokaasusta tulevan kaasun lämpötilalla, mikä lämmitti primaarikompressin poistuvan kaasun lämpötilaa niiden yhdistyessä. Nyt käytetään E-203C:n lämmönsiirtoa hyödyksi ja jäähdytetään primaarikompressorin poistuvan kaasun lämpötila kiertokaasusta tulevan kaasun lämpötilaa matalammaksi. [20; 21 ;22 ; 23; 24.]

Huhtikuussa toteutettiin sekundaarikompressorin jäähdyttimien pesut, joissa kuvattiin sekundaarikompressorilta vievät linjat jäähdyttimille E-207C ja E-209C sekä pestiin jäähdyttimet. E-207C:n niin kutsutut maaputkistot olivat "foulaantuneet", ja selviä kerroksia todettiin muodostuneen. E-209C:lle johtavat putkistot ja jäähdytin todettiin olevan lähes puhtaita, kuten kuvasta 5 havaitaan. E-209C:lle ei tehty korkeapainepesuja ja maaputkistoon toteutettiin paineilmalla puhallus. Jäähdyttimien pesujen yhteydessä kuvattiin myös sekundaarikompressorin imusuodatin, missä suodattimia ei käytetä niiden jatkuvan tukkeutumisien takia. Imusuodattimen koteloon oli kertynyt pieni vahakerros, joka nähdään kuvasta 3. Imusuodattimeen toteutettiin mekaaninen puhdistus "foulaantuneen" vahakerroksen poistamiseksi.



Kuva 3. Sekundaarikompressorin imusuodattimeen kertynyt vahakerros.

Sekundaarikompressorin sylinterin voitelulaine vaihdettiin syksyn seisakissa, minkä oletettiin vähentävän sekundaarikompressorin väli- ja jälkijäähdyttimen "foulaantumista" käynnistysvaiheessa. Sekundaarikompressin väli- ja jälkijäähdyttimien huhtikuun pesujen yhteydessä todettiin, että "foulaantumisia" on tapahtunut sekundaarikompressorin imulinjassa ja välijäähdyttimessä E-207C:ssä. E-207C:n putkiston kuvauksissa havaittiin myös kaasun päässeeseen "foulaantuneen" vahan ja putkiston väliin, kuten kuvasta 4 nähdään. Tästä johtuen olisi kova vahakerros voinut

päästä prosessissa eteenpäin ja aiheuttaa tukkeutumia sekundaarikompressorin ro-levyissä tai reaktorin syöttöventtiileiden metalträpeissä. "Foulaantuneesta" vahasta ei pysty todentamaan, onko vaha syntynyt vanhan sekundaarikompressorin sylinterin voiteluöljyn aikana vai optimointien ja sylinterin voiteluaineen vaihdoksen jälkeen. [13; 14.]



Kuva 4. E-207C:n maaputkistosta kuvattu "foulaantuminen".



Kuva 5. E-209C:n maaputkistosta otettu kuva huhtikuun jäähdyttimien pesujen yhteydessä.

7.3 Reaktori

7.3.1 Johdanto

Reaktoriin tulee syöttö sekundaarikompressorin jälkijäähdyttimeltä. Syötön lämpötila on ollut laaduilla Tuote 1 ja Tuote 2 50 - 60 °C. Paine reaktorissa on ollut 1950 ± 20 baaria laaduilla Tuote 1 ja Tuote 2. [16; 17; 18.]

Syöttöventtiileiden tukkeutumista on havaittu, ja usein sekundaarinkompressorin jäähdyttimien pesujen jälkeen ajoon lähtiessä on jouduttu vaihtamaan metaltrappejä, minkä seurauksena jouduttu ajamaan tuotanto alas. Tämä lisää taas kakkosluokan tavaraa, koska prosessin saaminen ajoparametritaulukon vaatimalle tasolle vie aikaa. Hetkellisillä syöttökaasun lämpötilan nostolla on pyritty estämään syöttöventtiileiden tukkeutuminen. [8; 9; 10; 11.]

7.3.2 Muutokset

Syöttökaasun lämpötilaa on laskettu noin 10 °C, ja se on nyt pidetty laadulla Tuote 1 välillä 40 – 50 °C. Tuotelaadulla Tuote 2 syöttökaasun lämpötila on pidetty tasolla 45 – 60 °C. Näillä muutoksilla on onnistuttu osaltaan kasvattamaan reaktion konversiota. Syöttökaasun lämpötilan muutoksella saadaan nopea vaste tuotantonopeuteen. Syöttökaasun laskemisella ei ole ollut oletettavaa vaikutusta tuotteiden tiheyteen.

Syöttöventtiileiden tukkeutuminen on vähentynyt ja kevään sekundaarikompressorin jäähdyttimien pesujen jälkeen ei metaltrappejä tarvinnut vaihtaa. Tämä johtui, koska sekundaarikompressorin väli- ja jälkijäähdyttimien pesuja on tehostettu tarkastamalla pesutulokset pesujen jälkeen. Osittain oletetaan sekundaarikompressorin voiteluaineen muutoksen vaikuttavan, jolloin sekundaarikompressorin jäähdyttimet eivät ”foulaannu” niin pahasti. Kun syöttöventtiileillä ei ole tapahtunut suurempia tukkeutumia, ei reaktorissakaan ole lämpötilojen heittoja havaittu. Peroksidin kulutus on kasvanut tuotantonopeuden yhteydessä, mutta suhde on pysynyt samana tuotettua tonnia kohden. [20; 21; 22; 23; 24; 25.]

7.4 Tuotejäähdytin

7.4.1 Johdanto

Tuotejäähdytintä on ajettu historiassa monella tavalla pyrkien eri ajotavoilla vähentämään ”foulaantumista”. Tuotteen lämpöä tuotejäähdyttimen jälkeen on ajettu 240-asteisena sekä 280-asteisena. Vuonna 2012 korkeamman lämpötilan ajotavan todettiin olevan operoinnin, tuotejäähdyttiemn ”foulaantumisen” ja tuotteen paremman virtauksen tuotejäähdyttimen jälkeisessä prosessissa parempi ajotapa medical-tuotannolle. ”Foulaantuminen” tuotejäähdyttimessä oletetaan tapahtuvan, kun tuotteen ja tulevan veden lämpötilaero on suuri. Kylmempänä ajettaessa pyrittiin vähentämään vahan erottumista kiertokaasuun ja näin suurentamaan vahan kulkeutumista tuotteeseen. Kylmempänä ajettaessa oli myös tarkoitus lopettaa reaktio, jolloin vahaa ei muodostuisi enää tuotejäähdyttimessä. Tuotejäähdytintä ajettaessa lämpimämpänä ja näin mahdollinen reaktion jatkuminen todettiin olevan pienempi ongelma kuin

kylmänä ajettaessa johtuneet ekstruuderin vetovaikeudet ja tuotteen poikkeaminen geelitasen noususta. [8; 9; 10; 11.]

Tuotejäähdyttimen ajo poikkeaa päällystystuotteista nyt, kun tuotejäähdytintä ajetaan kuumempänä. Päällystystuotteilla tuotejäähdytintä ajetaan kokonaisuudessaan vedellä. Tuotelaadulla Tuote 1 ajetaan tuotejäähdyttimen yläosaa vedellä ja alaosa höyryllä. Tuotelaadulla Tuote 2 ajetaan tuotejäähdytintä kokonaan höyryllä. Tämä johtuu tuotteiden hyvin matalasta sulaindeksistä, joka vaikuttaa sulan polyeteenin virtaukseen korkeapaine-erottimessa ja matalapaine-erottimessa. Medical-tuotannossa tuotejäähdyttimen jälkeen tuotteen lämpötila tulee olla korkeampana, jotta vältetään ekstruuderin vetovaikeuksilta ja ekstruuderin pysäytyksiltä. [8; 9; 10; 11; 20; 21; 22; 23; 24.]

Mielipiteinä on ollut, ettei vahaa ole muodostunut tai sillä on ollut puhdistavia vaikutuksia prosessissa. Vaha ei ole "foulaannuttanut" tuotejäähdytintä sitä ajaessa lämpimämpänä. Oletuksena on ollut, että medical-tuotanto puhdistaa tuotelaadulla Tuote 1 tuotejäähdytintä sekä sen jälkeistä prosessia päällystystuotteen vahasta. Tuotejäähdyttimen lämpimämpi ajotapa on edesauttanut tätä puhdistusilmiötä. Pitkän aikavälin seurauksena on ollut helpottavia vaikutuksia tuotejäähdyttimen ja sen jälkeisen prosessin virtauksissa ja "foulaantumisessa". Lämpimämmän ajotavan alkaessa huomattiin vaikutukset Tuote 1:n laadunvaihdon jälkeisten erien luokituksista. Ensimmäiset erät olivat IPS:n mukaisia ja ajojakson jatkuessa viimeisimmät erät luokiteltiin geelitasen suurien nousujen takia kakkosluokaksi. [8; 9; 10; 11.]

7.4.2 Muutokset

Vuoden 2012 suurseisokissa asennettiin tuotejäähdyttimelle automaattiventtiili tuotejäähdyttimen alaosaan. Myös ylä- ja alaosan poistuvan veden lämpötila mittaukset lisättiin seisokissa. Nämä muutokset vaikuttavat tuotejäähdyttimen säädettävyyttä sekä helpottavat tuotejäähdyttimen optimointia. Tuotejäähdyttimen veden kiehumisen estäminen on tullut helpommaksi lämpötila-anturien asentamisen jälkeen. Ennen anturien asennusta on laadunvaihdossa ajettu suurella todennäköisyydellä kiehuvalle vedelle, nyt toimenpiteet aloitetaan ennen veden kiehumista. Veden kiehuessa on

tuotejäähdyttimen vesi kahdessa faasissa, nestemäisessä ja höyrymäisessä muodossa, minkä seurauksena korkeapaineputkistossa on tapahtunut säröilyä. Taulukoista 3 ja 4 nähdään optimoidut tuotejäähdyttimen ajoparametrit tuotelaaduilla Tuote 1 ja Tuote 2.

Taulukko 3. Tuotelaadulla Tuote 1 tuotejäähdyttimen ajoparametrit.

Tuotteen lämpötila	n. 310 °C
Tuotteen poisto lämpötila	< 290 °C
Veden virtaus	50 - 100 t/h
Höyrykehityksen paine	5,5 - 7,5 bar
Tuotejäähdyttäjän yläosa	vesi
Tuotejäähdyttäjän alaosa	höyry
TIC-02C-222 virtaus	n. 255 t/h

Taulukko 4. Tuotelaadulla Tuote 2 tuotejäähdyttimen ajoparametrit.

Tuotteen lämpötila	n. 310 °C
Tuotteen poisto lämpötila	< 290 °C
Veden virtaus	--
Höyrykehityksen paine	5,5 - 7,5 bar
Tuotejäähdyttäjän yläosa	höyry
Tuotejäähdyttäjän alaosa	höyry
TIC-02C-222 virtaus	n. 255 t/h

Tuotejäähdyttimen veden virtausta ei saa nostaa liian suureksi, ja veden ohjausventtiilin säätö tulisi olla alle 70 %. Tämä johtuu tuotejäähdyttimen ja kiertokaasun lämmönvaihtimen E-215 yhteisestä veden virtauksesta. Jos tuotejäähdyttimeen johdetaan suuri määrä jäähdytysvettä, näkyy se tuotejäähdyttimen "foulaantumisenä" sekä lämmönvaihtimen E-215 riittämättömänä jäähdytystehona. [8; 9; 10; 11.]

Tuotejäähdyttimen *derimen* tarve on voitu kirjata tarvittaessa tehtäväksi laadunvaihto-ohjeeseen. Tarve tuotejäähdyttimen *derimelle* on mentäessä medical-tuotteelle, jos edellisten viikkojen aikana on tapahtunut suuria "foulaantumisia". Medical-tuotteiden välillä tapahtuvassa laadunvaihdossa ei ole tarvetta tehdä tuotejäähdyttimen *derimeä*. Tuotejäähdyttimen *derime* on tehtävä, jos tuotelaatu huononee eli tuotteen

analyyseissä geeli virheet alkaa nousta ja tuotteen lämpötila nousee tuotejäähdyttimen jälkeen yli 290 °C. [20; 21; 22; 23; 24.]

7.5 HPS, V-203C ja LPS, V-204C

7.5.1 Johdanto

HPS:n eli korkeapaine-erottimen tarkoitus on erottaa reaktorista tulevasta sulasta eteenikaasu. Suurin osa reagoimattomasta eteenikaasusta kiertää kiertokaasun kautta takaisin sekundaarikompressorin imulinjaan. Korkeapaine-erottimesta lähtevän kaasun virtausta on rajoitettu primaarikompressorin korkealla poistopaineella.

LPS eli matalapaine-erotin toimii ekstruuderin, L-229C, syöttösäiliönä ja vielä sulan muovin sisältämän eteenikaasun erottimena. Erottimessa erottuva kaasu johdetaan jäähdyttimen, E-200C, kautta flashkaasukompressorin imuun. Matalapaine-erottimessa paine on noin 0,5 bar, lämpötilan ollessa noin 200 – 260 °C. [16.]

Matalapaine-erottimen pintaa on pyritty pitämään 50 %:ssa, jotta kaasun erottuminen tapahtuisi mahdollisimman tehokkaasti eikä pääsisi ekstruuderin ruuviosaan. Päästessään ruuviosaan aiheuttaa kaasu vetovaikeuksia kaasukuplien muodossa, jotka kylmettävät reikälevyn kuplan kohdalta. Tällöin on vaarana menettää leikkaus ja aiheuttaa ekstruuderin alasajo. [8; 9; 10; 11; 16.]

7.5.2 Muutokset

Korkeapaine-erottimen prosessiolosuhteiden muutokset johtuvat tuotejäähdyttimen optimoinnista sekä matalapaine-erottimen ajomuutoksista. Itse korkeapaine-erottimeen on vaikea tehdä optimointia sen pinnanmittauksen epäluotettavuuden vuoksi.

Virtausta matalapaine-erottimesta flashkaasuihin on pienennetty tasolle 2700 – 2800 kg/h. Näin on saatu eteenikaasun erotus matalapaine-erottimessa parantumaan ja välttytty ekstruuderin ruuvien vetovaikeuksilta sekä pidettyä matalapaine-erottimen pinta optimina. Myös lämpötila on noussut tuotteen lämmön noston yhteydessä tuotejäähdyttimellä sekä korkea- ja matalapaine-erottimissa. Tämä auttaa sulan

virtausta tuotejäähdyttimen jälkeen sekä vähentää sulan roiskimista paine-erottimissa, mikä osaltaan vähentää geelivirheiden määrää tuotteessa. [8; 9; 10; 11; 20; 21; 22; 23; 24.]

7.6 Kiertokaasu

7.6.1 Johdanto

Kiertokaasun syöttö tulee korkeapaine-erottimesta. Tarkoituksena on kierrättää erottunut kaasu takaisin sekundaarikompressorin imulinjaan. Korkeapaine-erottimesta tuleva kaasu on noin 280-asteista ja kaasu pitää jäähdyttää noin 36 °C:seen. Kaasun mukana kulkeutuu liuennutta vahaä jota pyritään erottamaan vahanerottimissa.

Kiertokaasun lämmönvaihdinta, E-216C, sekä siihen liittyvää vahanerotinta, V-216C, kutsutaan kiertokaasun kuumaksi puoleksi. Lämmönvaihtimeen kuuluu neljä patteria, joista kahta ajetaan kylmempänä, 80 °C, ja kahta hieman lämpimämpänä, 86 °C. Vahanerottimesta erottuva vaha tyhjennetään V-206C:hen. [16; 20; 21; 22; 23; 24.]

Kiertokaasun lämmönvaihdin, E-217C, sisältää kolme patteria. Näitä kaikkia kolmea patteria ajetaan samalla lämpötilalla. Vaha erottuu vahanerotin V-217C:ssä. E-217C:tä ja V-217C:tä kutsutaan kiertokaasun kylmäksi puoleksi. Patterien lämpötilaa on pyritty pitämään 38 °C:ssa, joskus myös 36 °C:ssa. Tällä on pyritty saamaan tarttumaan reaktorissa muodostuva vaha jäämään pattereihin ja näin *derimen* kautta saatu vahanerotajien kautta pois prosessista. Kiertokaasussa erottumaton vaha on ”foulaannuttanut” sekundaarikompressorin imulinjaa sekä kompressorin väli- ja jälkijäähdytintä. [8; 9; 10; 11.]

Derimen teko on ollut runsasta kylmällä puolella. Kylmän puolen *derime* on tehty kun poistuvan veden lämpötila on laskenut 32 °C:seen. Vuoron aikana on jouduttu tekemään jopa kaksi *derimeä* patteria kohden, mutta yleisesti *derimeitä* on tehty yksi patteria kohden vuorossa. [20; 21.]

Kuuman puolen *derimeitä* on tehty myös runsaasti, mikä heikentää myös kylmää puolta, kun V-216C:ssa ei tapahdu vahan erotusta *derimen* aikaansaamasta kaasun lämpötilan noususta. Tämä johtaa vahan siirtymiseen kuumalta puolelta kylmälle

puolelle, mikä lisää *derimeiden* tarvetta kylmällä puolella. Kuuman puolen *derime* on tehty kun veden automaattiventtiilin ohjaus on ollut 100 % auki. [8; 9; 10; 11; 20; 21; 22; 23; 24.]

7.6.2 Muutokset

Kuuman puolen lämpötiloja on nostettu 3. ja 4. patterin osalta 80 °C:sta 88 °C:seen, sekä 1. ja 2. patterin osalta 86 °C:sta 95 °C:seen. Nämä ovat vähentäneet kuuman puolen *derimen* tarvetta. Kuuman puolen osalta on hyvä ajaa kuuma puoli riittävän kylmänä niin, jottei vaha liukenisi kaasun mukaan ja näin siirtyisi prosessi eteenpäin. Kuumaa puolta ei kuitenkaan tule ajaa liian kuumana, jottei lämmönvaihtimien jäähdysteho heikkene ”foulaantumisen” myötä ja aiheuta taas *derimeitä*. *Derime* tehdään yhä vedenohjauksen automaattiventtiilin saadessa arvon 100 %. Taulukosta 5 nähdään kiertokaasun lämpötilat eri lämmönvaihtimien pattereissa. [16; 20; 21; 22; 23; 24.]

Taulukko 5. Kiertokaasun pattereiden poistuvan kaasun asetuslämpötilat. [16.]

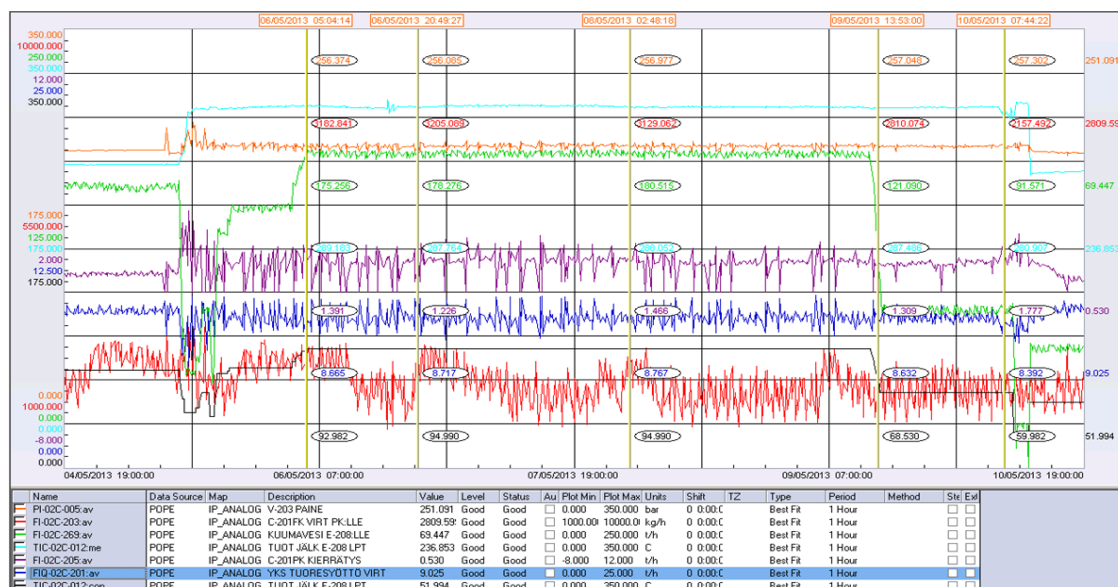
	Lämpötila (°C)
E-216-1	88
E-216-2	88
E-216-3	95
E-216-4	95
E-217-1	40
E-217-2	40
E-217-3	40

Kylmän puolen lämpötiloja on nostettu 38 °C:sta 40 °C:seen, joka vaikuttaa *derimeiden* tekoon. Kaasun ja veden lämpötilaero pienenee lämpötilojen noston yhteydessä ja näin vähentää ”foulaantumista”. Kylmän puolen *derimen* tekoon on myös suuresti vaikuttanut *derimen* teko tarpeen näkökannan muutos. Ennen *derime* tehtiin, kun poistuvan veden lämpötila nousi 32 °C:seen. Nyt *derime* tehdään, kun ohjaus saavuttaa arvon 60 %. Voidaan siis todeta, ettei ennen ole osattu ottaa lämmönsiirtoa kunnolla hyödyksi kiertokaasun kylmän puolen osalta. [20; 21; 22; 23; 24.]

Derimen tarve kiertokaasussa on vähentynyt mikä nähdään myös vahojen puhallussäiliön (V-206C) tyhjennyksissä. Vaha tyhjennetään V-206C:stä siirrettävään

kiuluun ja tämän kiulun tyhjentäminen on vähentynyt huomattavasti. Ennen on tyhjennetty joka toinen päivä ja nyt vain 1 – 2 kertaa viikossa. Kiertokaasun lämpötilojen noston oletetaan vaikuttavan vahan liukenemiseen kaasun mukaan ja näin vaha kiertää prosessissa sekä poistuu tuotteen mukana, kun tuotejäähdyttimen jälkeisen sulan lämpötilaa on nostettu. [25.]

Kiertokaasun *derimet* vaikuttavat suuresti kaasun virtauksiin. Lämpötilan noustessa kaasun tiheys pienenee, kaasun ottaessa suuremman tilavuuden. Tämä johtaa siihen, että kaasun tilavuusvirta kasvaa putkistossa ja virtauspiikkejä muun muassa tuore-eteenisytöissä, flahskaasuvirtauksissa sekä primaarikompressorin kierrätyslinjassa eli virtaukset tasoittuvat. Kuvasta 6 nähdään *derimen* vaikutus virtauksiin ja 9.5.2013 jälkeisen kierto kaasun kuumen puolen lämpötilanoston vaikutus virtauksiin.



Kuva 6. Kiertokaasun *derimen* vaikutus virtauksiin. [16.]

7.7 Flashkaasut

7.7.1 Johdanto

Flashkaasun syöttö tulee matalapaine-erottimesta (V-204C). Flashkaasun tarkoitus on palauttaa matalapaine-erottimessa erottunut kaasu takaisin primaarikompressorin syöttösäiliöön. Matalapaine-erottimesta tulevan kaasun paine on 0,1 – 0,3 baaria. Flashkaasukompressorin poistopaine on noin 40 baaria.

Suurin ongelma flashkaasuissa on ollut jäädyttimen (E-200C) ”foulaantuminen”. ”Foulaantuminen” tapahtuu, kun matalapaine-erottimesta tulevan kaasun mukana tulee liuennutta vahaa, joka ”foulaantuu” E-200C:n seinämille. Myös vahojen puhallussäiliön (V-206C) kautta on todettu pääsevän vahaa flashkaasu puolelle kiertokaasun kylmän puolen *derimeiden* yhteydessä. Puhallusta matalapaine-erottimesta on pyritty pitämään yli 3000 kg:na/h. Tämä on johtunut siitä, kun on pelätty HPS-pinnan tulvimista. Tulviminen on tapahtunutkin historian saatossa, muttei medical-tuotannon historiassa. [8; 9; 10; 11.]

Flashkaasu-systeemin tarkoitus on kierrättää matalapaine-erottimessa erotettu eteenikaasu takaisin primaarikompressorin imusäiliöön. Komprimointi tapahtuu kolmessa vaiheessa, ja jokaisen vaiheen jälkeen on jäähdytin ja pisanerotin. Flashkaasun pisanerottimilta kerättävä kondensaatti johdetaan slopöljy-systeemiin. Slopöljy-systeemissä on kaksi säiliötä (V-634 A/B) joihin kerätty slopöljy kerätään. Täältä ne kuljetetaan fenoliyksikköön, jossa kerätty öljy poltetaan ja käytetään energia hyödyksi. Säiliöistä siirrettäessä on jouduttu aluksi keräämään slopöljyn sekaan joutunut vaha kontteihin, jotka on toimitettu eteenpäin Ekokemille. [8; 9; 10; 11; 25.]

Lämpötila on pyritty pitämään lähellä 40 °C:ta ja poistupuolen lämpötilaa 38 °C:ta. Flashkaasusysteemissä ei mainitun E-200C:n ”foulaantumisen” lisäksi ei juuri mainittavia optimointeja tarvita. [16.]

7.7.2 Muutokset

Puhallusta matalapaine-erottimesta pyritään pitämään tasolla 2600 – 2800 kg/h asti. Tämä on vähentänyt flashkaasun mukaan joutuneen vahan määrää ja näin vähentäneet E-200C:n *derimen* tarvetta.

Slopöljyssä esiintynyt vaha on pienentynyt uuden ajotavan alkaessa. Nyt vahan määrä on alle 1 m³, kun ennen sitä on kerätty jopa 4 m³. Tämä muutos helpottaa operointia slopöljy-systeemissä ja vähentää kustannuksia Ekokem-kuljetusten vähentymisen kautta. [25.]

7.8 Ekstruuderit, L-229C

7.8.1 Johdanto

Ekstruuderit on jaettu neljään lohkoksi. Laadulla Tuote 1 lohkojen lämmitykseen käytetään höyryä, jotta vältetään ekstruuderin ruuvien pysähtymiseen momenttirajasta. Medical-tuotannon suuren tiheyden ja matalan sulaindeksin myötä on tuotteen virtaus huonompaa kuin päällystystuotteessa, jolloin sitä pitää lämmittää enemmän ekstruuderissa, jotta muovi on juoksevamassa muodossa eikä aiheuta momentin nousua. [8; 9; 10; 11.]

Ekstruuderin syöttösäiliönä toimii matalapaine-erotin. Ekstruuderin suurimmat ongelmat on olleet leikkauksen menetykset. Nämä ovat osittain johtuneet mekaanisista ongelmista, mutta myös operointivirheitä on sattunut. Leikkauksen menetyksessä on kaasu päässyt ekstruuderiin. [8; 9; 10; 11.]

7.8.2 Muutokset

Puhallusta matalapaine-erottimesta (V-204C) flashkaasuun on pienennetty ja pidetty tasolla 2600 – 2800 kg/h. Tämä on helpottanut ekstruuderin vetovaikeuksia. Liian suuri puhallus on aiheuttanut sulan muovin kertymisen matalapaine-erottimen reunamille, mikä on edesauttanut eteenikaasun pääsyn ekstruuderille. Myös ”roiskuvan” muovin oletetaan vähenevän flashkaasuputkistoon. [20; 21; 22; 23; 24.]

Myös matalapaine-erottimen lämpötila on noussut tuotteen lämmön johdosta. Näin on saatu sulasta polyeteenistä juoksevampaa ja eteenikaasun erottuminen sulasta on helpottunut. [20; 21; 22; 23; 24.]

7.9 Laadunvaihto päällystystuotannosta medical-tuotantoon

7.9.1 Flashkaasujäähdyttimen *derimen* tarve

Flashkaasujäähdyttimen (E-200C) *derime* on tehty ennen medical-kampanjaa. Tämä pidentää kakkosluokan määrää *derimen* kestäessä 0,5 – 1 tuntia. E-200C:n *derimen* tarve on ollut lähes jokaisen medical-kampanjan jälkeen, koska medical-kampanja on puhdistanut prosessia ja täten on "foulaannuttanut" ja pahimmissa tapauksissa tukkinut flashkaasu jäähdyttimen (E-200C). Vahojen puhallussäiliöön tuleva kaasu johdetaan flashkaasupuolelle, ja voidaan olettaa, että tätä kautta pääsee vahaa flashkaasujäähdytimeen (E-200C) vahojen puhallussäiliön (V-206C) paineen noustessa. [20; 21; 22; 23; 24; 26; 27; 28; 29.]

7.9.2 *Modifierin* käyttö

Modifieria käytetään sulaindeksin säätöön. Laadunvaihdossa aluksi käytetään muovin sulaindeksi korkean puolella, koska laadunvaihdossa reaktorin paine on matalampi kuin medical-tuotannossa ja paineen noston myötä sulaindeksi laskee. Myös reaktorin lämpötiloja laskettaessa sulaindeksi laskee. Sulaindeksin päästessä liian matalaksi tuote voi tarttua reaktorin sekoittajaan tai aiheuttaa ongelmia leikkauksessa.

7.9.3 Laadunvaihto tuotelaadulta Tuote 1 tuotelaadulle Tuote 2

Laadunvaihdossa on tehty tarvittaessa jälkijäähdyttimen, E-208C, *derime*. Tämä pidentää kakkosluokan määrää, koska *derimen* teko kestää noin 2 tuntia. C-2-luokan polyeteeniä voidaan käyttää hyödyksi B-yksikön kantohartsina. Medical-tuotannosta tuleva kakkosluokkaa ei pystytä käyttämään kantohartsina sen matalan sulaindeksin ja korkean tiheyden takia. [16; 26; 27; 28; 29.]

7.10 Medical-tuotannosta päällystystuotantoon

Medical-tuotannosta mentäessä päällystystuotantoon on laadunvaihdon jälkeen ajettu ensin transitiotuote, Tuote B, jonka tarkoituksena on puhdistaa prosessi medical-tuotannon peroksideista ja poistaa prosessista matalan sulaindeksin omaava tuote. Medical-tuotannon peroksidia ei saa päästä päällystystuotteisiin.

Laadunvaihdossa on tehty myös usein tuotejäähdyttimen (E-208C) *derime*. Medical-kampanjan ajojärjestykseksi on vakiintunut Tuote 1, jonka jälkeen ajetaan Tuote 2. Tuotelaadulla Tuote 2 ei ole havaittu puhdistavia vaikutuksia tuotejäähdyttimellä, ennemminkin tuotelaadulla Tuote 2 tuotejäähdytin "foulaantuu". [16; 26; 27; 28; 29.]

8 Toukokuun medical-kampanja

8.1 Johdanto

Medical-kampanjan aikana oli tarkoitus tehdä 11 tuotantoerää tuotantolaatu Tuote 1:ta ja kolme tuotantoerää Tuote 3:a. Tuotannonsuunnittelun mukaan Tuote 1:n ajo päättyy torstaina 9. toukokuuta, jonka jälkeen vaihdetaan tuotelaatu Tuote 3:lle. Tuotelaadun Tuote 3 kolmen tuotantoerän ajo kestäisi hieman yli vuorokauden, jonka jälkeen vaihdettaisiin tuotanto transiitotuotteen, Tuote B, kautta päällystystuontantoon tuotantolaadulle Tuote C. Tuotelaadulla Tuote 1:n aikana havaitun peroksidipumpun säätöogelman vuoksi päätettiin Tuote 3 siirtää kesäkuun medical-kampanjan yhteyteen ja tehdä kaksi ylimääräistä tuotantoerää tuotelaatua Tuote 1, jonka jälkeen siirryttiin päällystystuotteeseen Tuote B. Liitteessä 1 on esiteltyä toukokuun medical-kampanja laadunvaihto-ohje

8.2 Laadunvaihto

Laadunvaihto alkoi sunnuntaina 5.5.2013 klo 11.00 tuotteelta Tuote A tuotteelle Tuote 1. Laadunvaihdon aikana oli tarkoitus vaihtaa päällystystuotteissa käytettävät orgaaniset peroksidit medical-tuotteen peroksidiin ja muokata reaktorin olosuhteet haluttuihin ajoparametritaulukon määritettyihin ajoparametreihin.

Laadunvaihdossa lähdettiin liikkeelle syöttökaasun neutralisoinnilla. Tämä tarkoittaa sitä, että syöttökaasun jäähdytys lopetetaan sekundaari-kompressorin jälkijäähdyttimellä, jolloin syöttökaasun lämpötila nousee 70 – 80 °C:ksi ja tästä johtuen tuotantonopeus laskee. *Modifierin* kiertoa lisätään laadunvaihdon aikana, jottei tuotteen sulaindeksi mene liian matalaksi ja näin aiheuta ongelmia leikkauksessa.

Syöttökaasun neutralisoinnin jälkeen aloitettiin orgaanisten peroksidien vaihto peroksidipumpuille, joita on neljä kappaletta. Peroksidien vaihto aloitettiin reaktorin tasolle yhdeksän vievästä peroksidipumpusta, minkä jälkeen vaihdettiin tasolle kolme vievän pumpun peroksidi. Tämän jälkeen vaihdettiin tasolle seitsemän vievän pumpun peroksidi ja viimeisenä tasolle viisi vievä peroksidipumpun peroksidi. Peroksidin vaihto

pumpuille vei noin 10 minuuttia pumpppua kohden. Poikkeuksena tasolle kolme vievän pumpun vaihto kesti noin 13 minuuttia, koska pumpun peroksidivirtaus on pieni.

Peroksidien vaihtojen jälkeen aloitettiin reaktorin säätäminen ajoparametritaulukon mukaisesti lämpötiloihin eli tässä tapauksessa lämpötilojen lasku reaktorin yläosassa. Samanaikaisesti vaihdettiin tuotejäähdyttimen alaosaan höyry. Höyryä käytetään medical-ajoissa, jotta sulan juoksevuus parantuu tuotejäähdyttimen jälkeisessä prosessissa sulan lämmön nousun yhteydessä.

Reaktorin lämpötilojen säädön yhteydessä nostettiin tuotejäähdyttimen jälkeinen tuotteen lämpötila korkeammalle, jonka seurauksena tuotejäähdyttimestä irronneet vahat likaannuttivat kiertokaasun. Tämän seurauksena kiertokaasun kaasujen lämpötilat pääsivät nousemaan ja primaarikompressorin jälkijäähdyttimen veden ohjaus jouduttiin nostamaan 100 %:iin. Tämä vaikutti sekundaarikompressorin imulämpötiloihin ja imulämpötila nousi parhaimmillaan 47 °C:seen sen normaaliolosuhteissa ollessa 36 °C. Tästä johtuen sekundaarin toisen vaiheen paine-ero nousi lähelle lukitusrajaa 1170 bar:iin, lukitusrajan ollessa 1250 bar.

Kiertokaasun likaantumisen myötä jouduttiin kiertokaasuun tekemään 19 *derimeä* kuumalle puolelle, jotta veden ohjaus saatiin säädölle. Kuumen puolen poistuvan kaasun lämpötilan noustessa korkealle likaannutti se myös kylmää puolta, jonne jouduttiin tekemään 6 *derimeä*.

Kiertokaasun puhdistumisen aikana saatiin reaktorin lämpötilat ajoparametritaulukon vaatimille tasoille pois lukien tasoa viisi. Medical-tuotteille mentäessä syöttöventtiilit neljä ja viisi suljetaan ajoparametritaulukon mukaisesti. Reaktorin tason viisi lämpötila jäi liian matalaksi ajoparametritaulukon parametrasta, mikä johtui viidennen tason syöttöventtiilin mekaanisesta ongelmasta, jolloin se ei mennyt kiinni ja päästi kaasua reaktoriin. Ongelman ratkettua ja viidennen tason syöttöventtiilin mennessä kiinni saatiin reaktorin lämpötilat ajoparametritaulukon vaatimalle tasolle, ja tuote voitiin kääntää ykkösluokaan.

Laadunvaihto kesti noin 6 tuntia. Laadunvaihto lasketaan kakkoslaadun ajoajasta eli siiloalueen syöttöventtiilin asennosta milloin kääntyy kakkosluokan siilon ja takaisin

ykkösluokan siiloon. Laadunvaihto olisi ollut hieman nopeampi ilman viitossyöttöventtiilin mekaanisia ongelmia. Laadunvaihdossa tuotettiin medical-kakkoslaatua noin 45 tonnia.

8.3 Tuote 1-tuotanto

Tuotelaadun Tuote 1 ajossa päästiin kaikissa erissä tuotespesifikaation määritettyihin arvoihin, eikä ajonaikana suuria ongelmia havaittu.

Kiertokaasussa jouduttiin tekemään useita kuumanpuolen *derimeita*, kunnes tuotejäähdyttimen kuumanpuolen poistuvan kaasun asetuksia muutettiin päällystystuotteiden lämpötiloista medical-tuotteiden lämpötiloihin. Muutokset olivat seuraavat: E-216-1:n ja E-216-2:n lämpötilat nostettiin 86 °C:sta 88 °C:seen ja E-216-3:n ja E-216-4:n 92 °C:sta 95 °C:seen. Nämä muutokset tehtiin torstaina 9.5. aamupäivällä, jonka jälkeen ajettiin noin vuorokausi tuotelaatua Tuote 1. Tämä operointimuutos vaikutti operaattorin uskallukseen pienentää tuotejäähdyttimen veden ohjausta 95 %:sta 60 %:iin, jolloin kiertokaasun lämmönvaihtimelle, E-215, alkoi virrata enemmän jäähdytysvettä. Lisännyt jäähdytysvesi lämmönvaihtimelle E-215 laski E-215:stä poistuvan kaasun lämpötilaa, minkä seurauksena E-216:n lämmönvaihtimen ”foulaantuminen” väheni kaasun ja veden lämpötilaeron pienentyessä.

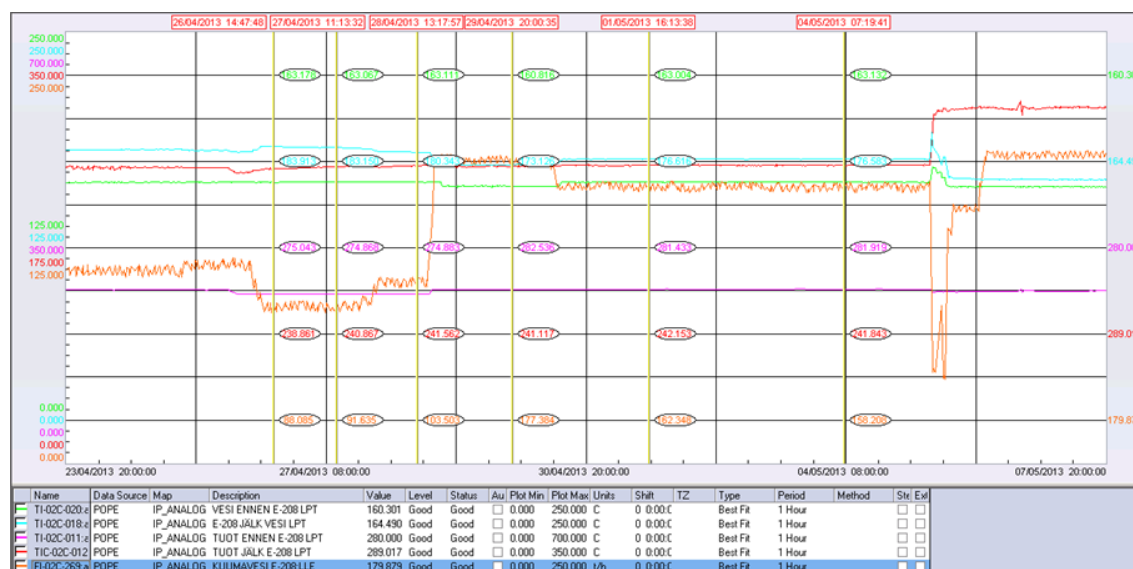
Kiertokaasun lämpötilojen noustessa alkoi tuotejäähdyttimen jälkeinen lämpötila laskea, ja näin voitiin veden ohjausta pienentää 95 %:sta 60 %:iin. Tästä aiheutui turhien *derimen* aiheuttamien virtauspiikkien poistuminen, eli virtauksien tasaantuminen ja V-203 paineen tason tasaantuminen. Kun veden ohjausta pienennettiin ja näin veden määrä tuotejäähdyttimessä väheni, saatiin vesi ohjattua kiertokaasun lämmönvaihtimelle E-215, joka puolestaan auttoi kiertokaasun lämpötilojen laskua. Taulukosta 2 nähdään tuotettujen tuotantoerien laboratorioanalyysit.

Taulukko2. Toukokuun medical-tuotantoerien laboratorioanalyysit. [13.]

Eränumero	Tuotantomäärä (kg)	Sulaindeksi	Tiheys (kg/m ³)	Sulamispiste (°C)
184248	70 000	0,32	926,7	116
184249	70 000	0,32	926,6	116
184250	70 000	0,32	927	117
184251	70 000	0,31	926,7	116
184252	70 000	0,33	926,7	116,5
184253	70 000	0,31	926,5	116
184254	70 000	0,32	926,7	116
184255	70 000	0,31	926,6	115,8
184256	70 000	0,32	926,5	116,9
184257	70 000	0,28	926,6	116
184258	70 000	0,33	926,8	115,9
184259	70 000	0,33	926,7	115,9
184260	70 000	0,34	926,6	115,4

8.4 Laadun vaihto

Laadunvaihdossa päätettiin tehdä tuotejäähdyttimen *derime*, koska ennen medical-kampanjaa oli tuotejäähdyttimessä havaittu "foulaantumisia" päällystystuotteella. Tämä havaittiin tuotejäähdyttimen veden ohjauksesta sekä laadunvaihdossa medical-tuotteille mentäessä kiertokaasun tukkeutumisesta. Lisäksi tuotelaatu Tuote 1 ajettiin kiertokaasun osalta päällystystuotteiden lämpötiloilla, eli kiertokaasun lämpötilat olivat liian matalat, eikä näin Tuote 1:n puhdistavia vaikutuksia tullut. Kuvassa 7 nähdään päällystystuotteen aikainen tuotejäähdyttimen "foulaantuminen", joka huomataan tuotejäähdyttimen jälkeisen veden lämpötilan laskemisesta.



Kuva 7. Tuotejäähdyttimen "foulaantuminen". [16.]

Laadun vaihto alkoi perjantaina 10.5.2013 klo 8. Toimenpiteisiin kuului peroksidien vaihto, kuten laadunvaihdossa mentäessä medical-tuotteeseen. Poikkeuksena tähän oli peroksidien vaihdon pituus, joka tehtiin noin 5 min välein samassa järjestyksessä kuin medical-tuotteeseen mentäessä. Laadun vaihdossa ei tarvinnut tehdä *derimeitä* kiertokaasun puolelle. *Derimeitä* ei tarvinnut tehdä kiertokaasun puolelle, koska laadunvaihdon yhteydessä tehtiin tuotejäähdyttimen *derime*. Myös laadunvaihdon nopeus vaikutti *derimeihin*, koska nopean laadunvaihdon aikana muodostuneita vahoja on vähemmän. Laadunvaihton kesto oli noin 4 tuntia.

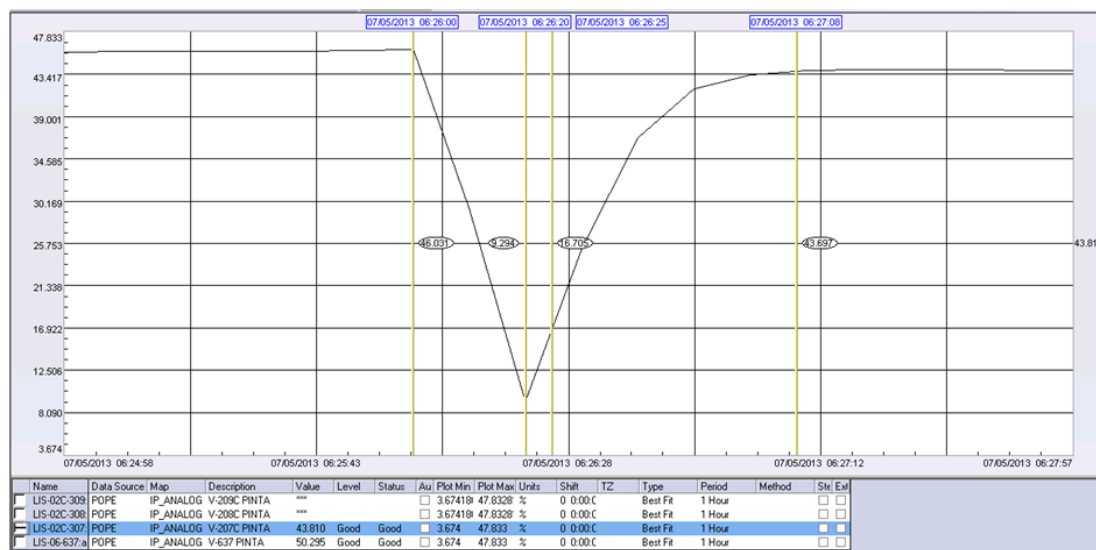
9 Pisaranerottimet

9.1 V-207C

Flashkaasun pisaranerottimien pinnan säädöt sekä tyhjennysajat tarvitsevat huomiota, jotta saadaan soihdutuksen määrää pienennettyä. Flashkaasun soihdutus ei ole suurta kokonaissoihdutukseen verrattuna, mutta kiristyneen päästökaupan näkökulmasta pienikin soihdutuksen pienentäminen on positiivista. [16.]

V-207C toimii flashkaasun ensimmäisen vaiheen pisaranerottimena. Pisaranerotimesta erottunut neste johdetaan niin kutsuttuun slopöljy-systeemiin, eli neste johdetaan säiliön (V-633C) kautta slop-öljysäiliöön(V-634A/B) säiliöalueelle.

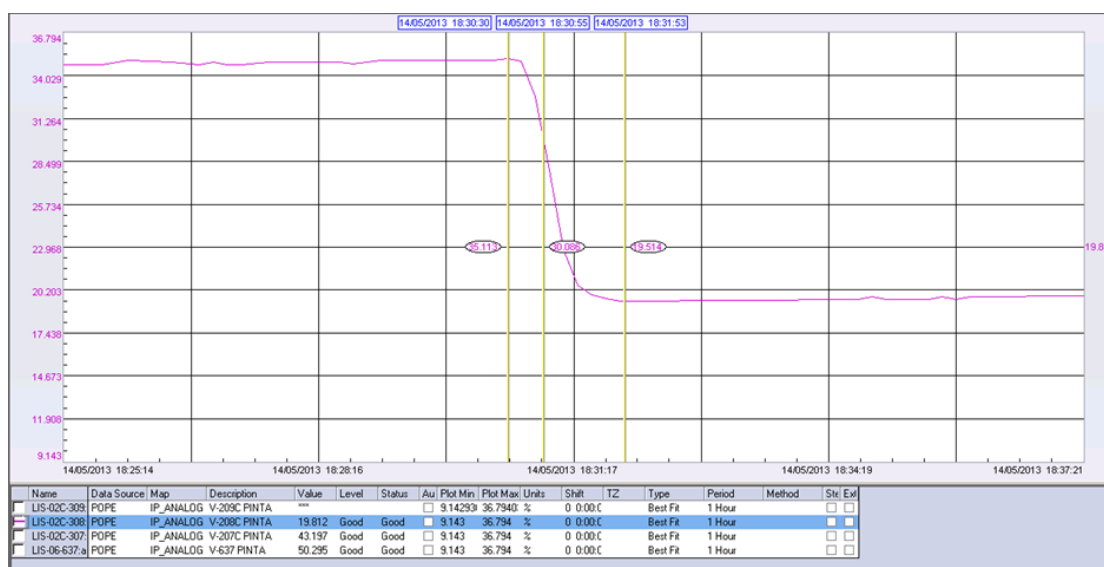
Pisaranerottimen tyhjennys toimii automaattisesti. Automaatti aloittaa tyhjennyksen, kun säiliön pinta on 46-prosentissa ja se tyhjentää se 30 %:iin asti. Tyhjennysajaksi on asetettu 25 sekuntia. Tyhjennysmäärä tammikuun 11. päivän ja toukokuun 7. päivän välillä on ollut 384 kappaletta ja keskimääräinen tyhjennysväli on ollut 7,2 tuntia, mukaan lukien seisakit, jolloin pisaranerottimein ei kerry kondensoitunutta vettä. Kuvasta 8 nähdään tyhjennyksen liian pitkä aika. Tästä johtuen säiliön pinta laskee liian alas, jolloin on todennäköistä, että tyhjennyksen yhteydessä pääsee kaasua virtaamaan V-633C:hen. [16.]



Kuva 8. V-207C:n tyhjennys trendillä. [16.]

9.2 V-208C

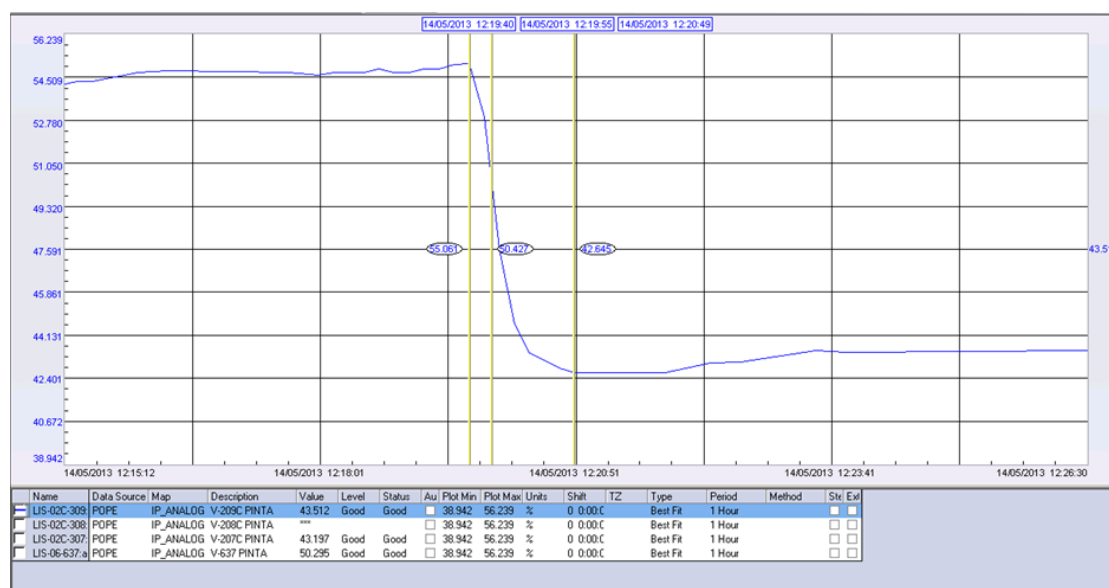
V-208C toimii V-207C:n kaltaisena pisaranerottimeksi, erona että V-208C toimii toisen vaiheen pisaranerottimeksi. V-208C:stä johdetaan vaha myös slopöljy-systeemiin. Pisaranerottimen tyhjennyksen tekee automaatti, jonka ylärajaksi on asetettu 35 %. Alarajaksi on asetettu 23 % ja tyhjennysajaksi on asetettu 25 sekuntia. Tyhjennysmäärä tammikuun 11. päivän ja toukokuun 7. päivän välillä on ollut 529 kappaletta ja keskimääräinen tyhjennysväli on ollut 5,2 tuntia, mukaan lukien seisakit. Kuvasta 9 nähdään V-208C:n riittämätön tyhjennysaika, jolloin turha hälytys tulee ohjaamoon. [16.]



Kuva 9. V-208C:n tyhjennys trendillä. [16.]

9.3 V-209C

V-209C on flashkaasun kolmannen vaiheen pisaranerotin. V-209C:stä johdetaan muiden flashkaasun pisaranerottimien tavoin neste slopöljy-systeemiin. V-209C:n asetusravot ovat seuraavat: yläraja 50 % ja alaraja 35 %. Tyhjennysajaksi on asetettu 20 sekuntia. Tyhjennysten määrä alkaen tammikuun 11. päivän jälkeen toukokuun 7. päivään asti on 982 kappaletta, tyhjennysvälin ollessa noin 2,8 tuntien, mukaan lukien seisakit. Kuvasta 10 nähdään V-209C:n tyhjennys trendiltä. Riittämättömän tyhjennysajan takia automaatti ajaa säiliön pinnan asetetun alarajan alle, vaikkei saavuta sitä annetussa tyhjennysajassa. Tästä seuraa turha hälytys ohjaamoon. [16.]

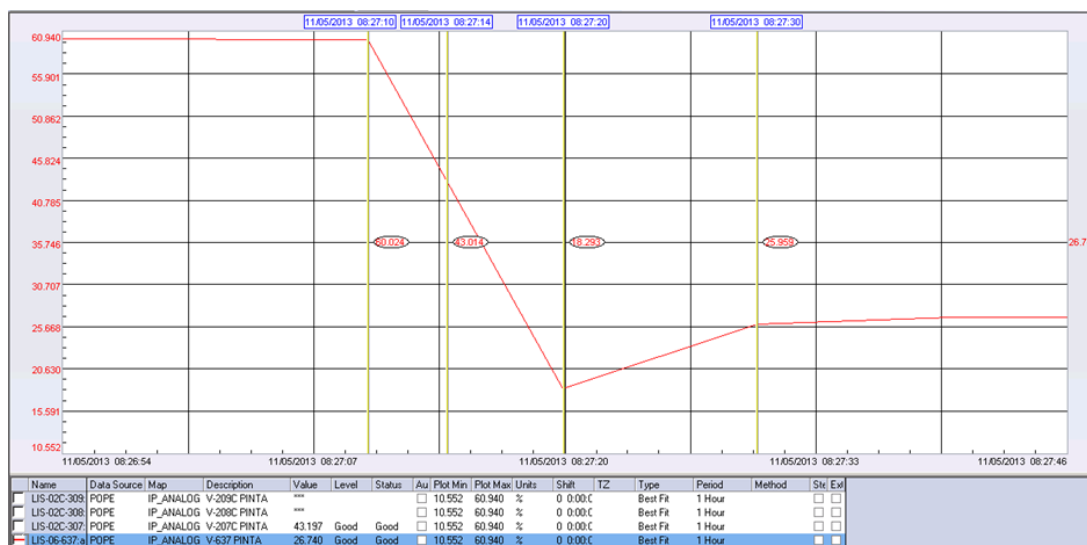


Kuva 10. V-209C:n tyhjennys trendillä. [16.]

9.4 V-637C

V-637C toimii palautuseteenilinan pisaranerottimeksi, jonka tarkoituksena on estää nesteiden pääsemistä eteenilaitokselle. V-637C tyhjennetään flashkaasun pisaranerottimien tavoin slopöljy-systeemiin.

V-637C:n tyhjennysajaksi on asetettu 4 sekuntia ja ylärajaksi 60 % sekä alarajaksi 40 %. Tyhjennyksiä on ollut 696 kappaletta tammikuun 11. päivän ja toukokuun 7. päivän välissä. Keskimääräinen tyhjennysväli on ollut 3,95 tuntia, mukaan lukien seisakit. Kuvassa 11 on esitetty V-637C:n tyhjennys. [16.]



Kuva 11. V-637C:n tyhjennys trendillä. [16.]

9.5 Parannusehdotus

Pisaranerottimien tilavuuksien kapasiteettia käyttöä tulee parantaa. Taulukosta 6 voidaan nähdä ehdotetut ylä- ja alarajat sekä tyhjennysajat. Näillä muutoksilla saavutetaan tyhjennyksien väheneminen ja näin V-633C:hen pääsevän eteenikaasun määrää. Tyhjennysaikojen ajat tulee katsoa automaatiojärjestelmästä ja muokata sopiviksi, kun muutokset otetaan käyttöön. Näillä muutoksilla vältetään ohjaamossa turhilta hälytyksiltä sekä ehkäistään eteenikaasun pääsemistä V-633C:n kautta soihtuun.

Taulukko 6. Ehdotetut tyhjennysparametrit pisaranerottimille.

Säiliö	Tyhjennys yläraja	Tyhjennysalaraja	Tyhjennysaika (s)
V-207C	45%	20%	25
V-208C	45%	25%	15
V-209C	55%	35%	25
V-637C	60%	40%	2,5

Flashkaasun pisaranerottimissa ei ole muutettu nykyisiä tyhjennysaikoja, koska tyhjennysrajojen muutos tulee tehdä ensin. Tyhjennysrajoja muutettaessa tulee trendiltä katsoa sopivat tyhjennysajat niin, että vältetään ohjaamoon tulevilta turhilta hälytyksiltä. Palautuseteenilinjan pisaranerottimessa ei ole muutettu tyhjennysrajoja sen tilavuuden pienuuden takia ja varmistamalla, ettei nestettä pääse liukenemaan kaasuun ja näin pääsemään kaasun mukana eteenilaitokselle.

10 Yhteenveto

10.1 Medical-tuotteiden ajo

Optimoinnin jälkeen on medical-kampanjan ajo sujunut huomattavasti helpommin. Prosessin heilumista eli kaasuvirtauksia nopeita muutoksia ei ole tapahtunut, näin koko prosessi on ollut tasaisempi ajaa.

Tuotantonopeutta on saatu kasvatettua noin 500 – 800 kg/h, tuotelaadulla Tuote 1 ja noin 200 – 300 kg/h tuotelaadulla Tuote 2. Ajotapoja voidaan hyödyntää myös päällystystuotteilla.

Derimeiden teko on vähentynyt kiertokaasun lämmönvaihtimilla E-216 ja E-217, mikä helpottaa operaattoreiden työskentelyä fyysisesti. Tuotejäähdyttimen, E-208C, sekä E-200C:n *derimeiden* tarve on vähentynyt huomattavasti. Ennen varsinkin tuotejäähdyttimen *derime* on tehty ennen medical-kampanjan alkua sekä välillä medical-tuotteiden laadunvaihdossa.

Tuotteen lämmön nostolla on ollut positiivinen vaikutus tuotteen geelivirhetasoon, eli saatu vähennettyä geelivirheitä. Tuotejäähdyttimen jälkeinen prosessi on pysynyt puhtaampana, kun lämpimämpi tuote on puhdistanut prosessia. Geelitason nousu on ollut ongelmana siirryttäessä medical-tuotteilta takaisin päällystystuotteisiin. Tämä on helpottunut sulan lämmön nousun yhteydessä, minkä seurauksena ”roiskumis-ilmiön” on pienentynyt parantuneen virtauksen ansiosta. Tuotteen lämmön nostolla voidaan olettaa olevan puhdistavia vaikutuksia tuotejäähdyttimessä ja korkea- sekä matalapaine-erottimissa, koska medical-laaduilla ajetaan tuotejäähdytintä lähes yhtä lämpimänä kuin tuotejäähdyttimen *derime*-olosuhteissa.

Sekundaarikompressorin jäähdyttimien pesujen yhteydessä havaituista sekundaarikompressorin välijäähdyttimen ”foulaantumisesta” ei voi todeta, onko ”foulaantuminen” tapahtunut ennen optimointia vai sen jälkeen, kun edellinen pesu on tapahtunut syyskuussa 2012. Oletuksena on edelleen, että sekundaarikompressorin välijäähdyttimellä tapahtuu ”foulaantumista”. Välijäähdyttimen E-207C:n ”foulaantuminen” uudella ajotavalla tullaan näkemään seuraavan pesun yhteydessä.

Vahan muodostumista ei ole tapahtunut tuotteella Tuote 1, vaan se on putsannut prosessia. Vahan määrä on pienentynyt medical-tuotteella Tuote 2. Vahan määrän pienentymiseen on vaikuttanut tuotantonopeuden kasvaminen ja reaktion konversion kasvaminen.

10.2 Laadunvaihto medical-tuotteelle

Laadunvaihdossa päällystystuotteelta medical-tuotteelle on vähennetty tuotejäähdyttimen *derimeä*. Tuotejäähdyttimen jälkeinen putkisto on puhdistunut pidemällä aikavälillä, kun tuotteen lämpötila on nostettu noin 285 °C:seen. *Derimen* tarvetta ei ole laadunvaihdossa, jos ei ole havaittu tuotejäähdyttimen suuria "foulaantumisia". Päätöksen tuotejäähdyttimen *derime*-tarpeesta ennen laadunvaihtoa on vuoromestarilla. Myös kiertokaasun tilanne pitää seurata viimeisten päällystystuotteen aikana, ettei E-216:n ja E-217:n patterien *derime*-tarve ole heti laadunvaihdon alkaessa. Toukokuun laadunvaihdon alkaessa oli lämmönvaihtimien E-216 ja E-217 patterit *derime* tarpeessa, mikä osaltaan hidasti laadunvaihtoa. Kiertokaasun *derimet* pitää tehdä ennen laadunvaihtoa eli viimeisen päällystyserän aikana, jotta saadaan kiertokaasu puhtaaksi ja näin nopeutettua laadunvaihtoa.

Modifier-tankkaus pitää olla laadunvaihdossa riittävä, jotta reaktorin lämpötilat voidaan laskea nopeammin laadunvaihdossa. Toukokuun medical-kampanjan laadunvaihdossa *modifier*-tankkaus oli 120 kg/h. Tämä osoittautui tällä kertaa hyväksi ja laadunvaihdossa pystyttiin nopeasti laskemaan reaktorin lämpötilat, pelkäämättä tuotteen sulaindeksi laskua liian matalaksi.

Laadunvaihdossa on myös hyvä vaihtaa orgaaniset peroksidin riittävällä nopeudella. Suositeltava aikaväli eri pumppujen kohdalla on 5 – 10 minuuttia. Liiallinen ajankäyttö pidentää laadunvaihtoa ja likaa näin tuotejäähdyttimen ja kiertokaasun. Laadunvaihdon tavoiteaika on 3 tuntia ja tuotetun kakkosluokan määrän tavoite noin 30 tonnia.

10.3 Laadunvaihto päällystys tuotteelle

Medical-tuotteesta mentäessä päällystystuotteelle on suotavaa tehdä tuotejäähdyttimen *derime*. Tämä vähentää huomattavasti transiitotuotteen, Tuote B, ajoaikaa ja siten tuotettuja tonneja. Samalla vältetään ensimmäisten päällystyserien geelivirheiden määrän nousulta. Laadun vaihdon tavoiteaika on 4 tuntia, kun tuotejäähdyttimen *derime* tehdään ja tuotetun kakkosluokan määrän tavoite on 30 – 35 tonnia.

10.4 Suositukset

Kiertokaasun vahan muodostumisen määrittystä tulisi parantaa. Vahanerottimien V-216 ja V-217 tyhjennykset tulee tehdä medical-tuotannon aikana neljän tunnin välein. Vahakiulun tyhjennyksen yhteydessä tulee punnita kiulun paino, jotta saadaan selville vahan määrä.

Laadunvaihdossa tulee vahakiulu vaihtaa juuri ennen laadunvaihdon alkua ja tyhjentää V-216 ja V-217, jotta saadaan, selvyys kuinka paljon vahaa kertyy laadunvaihdon yhteydessä. Laadunvaihdon lopussa tulee V-216 ja V-217 myös tyhjentää vahakiuluun ja vaihtaa uusi kiulu tilalle. Tämä vaatii pieniä investointeja LDPE-tuotantolaitokselta, jotta saadaan riittävä määrä vahakiuluja sekä punnituslaite trukkiin. Näitä muutoksia voidaan käyttää jatkossa kaikilla tuotteilla, jotta saadaan selville, minkä tuotteen yhteydessä tulee suurimmat vahakertymät.

Vuorojen eri ajotapojen yhtenäistämiseksi on tarpeen tehdä koulutuspaketti vuoroille ja päivittää laadunvaihto-ohjeet, jotta saadaan ajotapoja sekä laadunvaihtoja yhtenäistettyä.

Sekundaarikompressorin jäähdyttimien pesujen tarve pysyy optimoinnin jälkeenkin samana eli kahtena kertana vuodessa, koska "foulaantumista" on tapahtunut. Jatkossa voidaan tarkastella tavoitteen yksi pesu vuodessa saavuttamiseksi. Jäähdyttimien pesuissa tulee kuvata putkistot ennen pesuja ja niiden jälkeen. Tästä saadaan vertailukohtaa "foulaantumisiin". Jäähdyttimien pesuissa tulee tarkastaa

sekundaarikompressorin imulinjan suodattimen kotelo, sekundaarikompressorin maaputket ja jäähdyttimet. Pesutarve määritellään tarkastusten jälkeen tuotantoinsinöörin ja vuoromestarien toimesta.

Medical-tuotelaaduilla tulee tuotejäähdyttimen vedenvirtaus pitää mahdollisimman matalana, rajoituksena veden kiehumispiste, jotta puhdistava vaikutus alkaa tuotejäähdyttimessä. Lisäksi vedenvirtauksen lisääminen tuotejäähdyttimellä vie jäähdytysvettä kiertokaasun lämmönvaihtimelta E-215. Tämä lisää *derimen* tarvetta kiertokaasun kuumalla puolella, kun E-215:stä poistuvan kaasun lämpötila on korkeampi ja näin ollen kaasun ja veden lämpötilaero kasvaa. Tuotejäähdyttimellä veden kokonaisvirtaus ei saisi nousta yli 100 t/h eli veden virtauksen ohjausta ei saisi asettaa yli 70 %:n. Höyryn kehityksen paine tulee aluksi nostaa 7,5 baariin ja laskea vain, jos tuotteen lämpötila alkaa nousta pitkällä aikavälillä.

Suuremmissa seisakeissa, jotka oletettavasti tapahtuvat 4 vuoden välein, tulee kiertokaasun lämmönvaihtimien E-215:n, E-216:n ja E-217:n patterit höyryttää puhtaiksi vahakerrostumista. Seuraavassa suurseisakissa olisi suotavaa myös pestä patterit kemikaalipesuin. Patterien tarkastukset tulisi tehdä suurseisakissa kuten sekundaarikompressorin jäähdyttimillä jäähdyttimien pesujen yhteydessä. Myös vahasäiliöiden V-216 ja V-217 tyhjennyslinjat ja itse säiliöt tulisi tarkastaa ja mahdollisesti pestä.

11 Lähdeluettelo

- 1 Savallampi, Ismo. 2013. Tuotantopäällikkö, Insinööriyön aihe, Borealis Polymers Oy. Sähköpostiviestittely. 8.1.2013.
- 2 Borealis in Finland. 2013. Verkkodokumentti. Borealis Polymers Oy. <<http://www.borealisgroup.com/about/production-sites/borealis-finland/>>. Luettu 20.3.2013
- 3 Borealis Porvoo. 2013. Esittelypaketti, Borealis Polymers Oy. Luettu 20.3.2013.
- 4 Polyeteeni (PE). Verkkodokumentti. <www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PE_FI.pdf>. Luettu 4.6.2013
- 5 Petrokemiallinen teollisuus. Verkkodokumentti. <prosessitekniikka.kpedu.fi/doc-html/muovi.html>. Luettu 4.6.2013
- 6 Low Density Polyethylenes for Extrusion Coating. Borealis Polymers Oy. Luettu 5.4.2013
- 7 Lassila, Janne. 11.9.2012. LDPE-tuotannon käsikirja: Synteesialueen käyttöohjekirja, laitteisto. Borealis Polymers Oy
- 8 Hynynen, Jouni. Vuoromestari, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. 18.4.2013.
- 9 Teittinen, Esa. Vuoromestari, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Useita keskusteluja.
- 10 Salo, Pertti. Vuoromestari, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 24.4.2013.
- 11 Klemola, Marko. Vuoromestari, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 28.3.2013.

- 12 Savallampi, Ismo. 2009. Test Run Report, Borealis Polymers Oy. 28.8.2009. Luettu 15.4.2013
- 13 Lassila, Janne. Tuotantoinsinööri, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 3.4.2013.
- 14 Runsala, Jussi. Tuotantoinsinööri, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 5.4.2013.
- 15 LabWare POLIMS. Laboratorioanalyysi-järjestelmä. LDPE-tehdas.
- 16 MetsoDNA. Automaatiojärjestelmä, LDPE-tehdas.
- 17 Ajoparametritaulukko, Tuote 1. 8.3.2013. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 12.3.2013
- 18 Ajoparametritaulukko, Tuote 2. 8.3.2013. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 12.3.2013
- 19 Odiah, Somaina. Kunnossapitoinsinööri, Kunnossapito, Borealis Polymers Oy Porvoo. Keskustelu 24.5.2013
- 20 Tahvanainen, Markku. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 11.4.2013
- 21 Kukkola, Ismo. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Useita keskusteluja
- 22 Hattukangas, Ari. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Useita keskusteluja
- 23 Turunen, Keijo. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. useita keskusteluja.

- 24 Tolonen, Jukka. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Useita keskusteluja
- 25 Lumme, Mika. Operaattori, LDPE-tuotanto, Borealis Polymers Oy, Porvoo. Keskustelu 1.4.2013.
- 26 Laadunvaihto-ohje, Tuote A/C -> Tuote 1/2. 20.6.2012. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 15.3.2013
- 27 Laadunvaihto-ohje, Tuote 1 -> Tuote 2. 20.6.2012. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 15.3.2013
- 28 Laadunvaihto-ohje, Tuote 2 -> Tuote 1. 20.6.2012. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 15.3.2013
- 29 Laadunvaihto-ohje, Tuote 1/2 -> Tuote B. 20.6.2012. LDPE-tuotanto. Borealis Polymers Oy. Luettu 15.3.2013